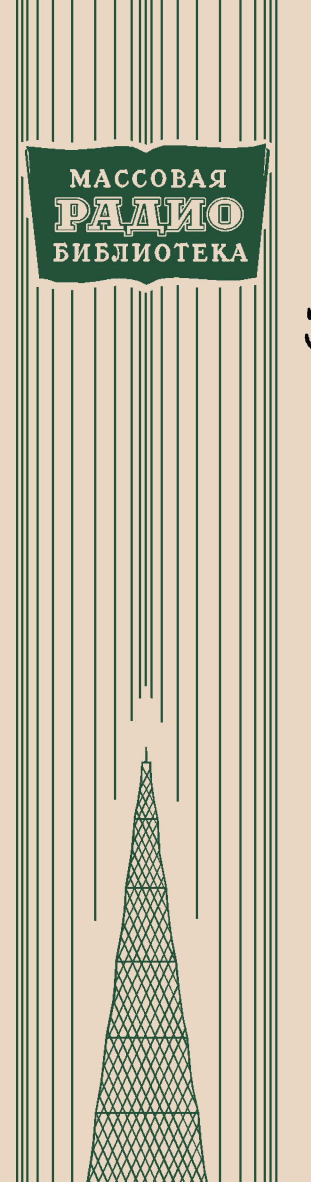
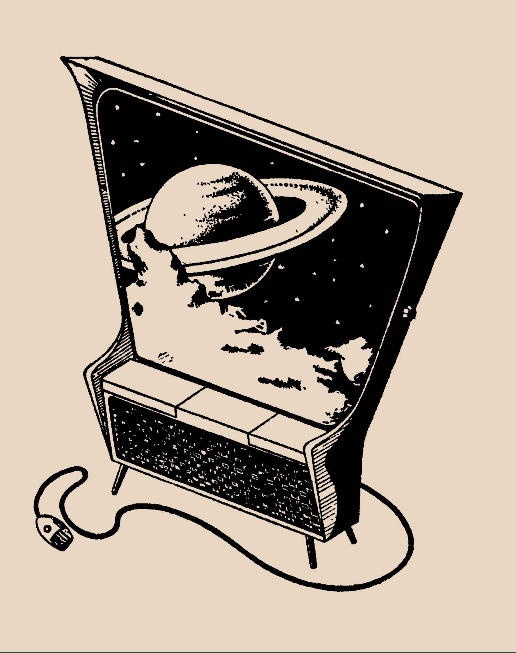


Г. Б. БОГАТОВ

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ





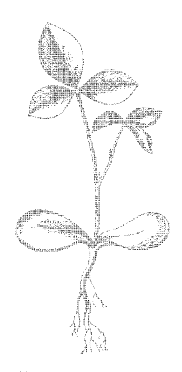
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 364

Г. Б. БОГАТОВ

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1960 ЛЕНИНГРАД

В брошюре рассказывается о свойствах и характеристиках электролюминесцентных конденсаторов, приводится описание некоторых конструкций экспериментальных электролюминесцентных приборов, рассматриваются возможности использования явлений электролюминесценции совместно с явлениями фотопроводимости и сегнетоэлектричества твердых тел в приборах осветительной техники, телевидения, техники кинопоказа, вычислительной техники.

Брошюра рассчитана на подготовленных радиолюбителей и читателей, интересующихся вопросами электролюминесценции.

СОДЕРЖАНИЕ

Богатов Геральд Борисович

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Редактор *Я. И. Эфрусси* Техн. редактор *К. П. Воронин*

Сдано в набор 25/XI 1959 г. Подписано к печати 6/II 1960 г.
Т-01300. Бумага 84×108¹/₃₂ 2,5 печ. л. Уч.-изд. л. 2,9.
Тираж 30 000 экз. Цена 1 р. 15 к. Заказ 629

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

Электролюминесценцией называют все виды свечения, возникающие при возбуждении твердого тела переменным электрическим полем или током. Электролюминесценция— относительно новый, но быстро развивающийся раздел люминесценции. Люминесценцией же вообще называют излучение, представляющее собой избыток над температурным излучением тела и обладающее длительностью, значительно превышающей длительность световых колебаний.

Отдельные случаи электролюминесценции описывались уже давно. Так, например, в 1898 г. немецкий ученый Браун изучал свечение электродов в гальванической ванне. Советской физике принадлежит приоритет открытия одного из видов электролюминесценции — свечения, возникающего на границе контакта люминофора с внешним токоподводящим электродом. Этот эффект был обнаружен в 1923 г. О. В. Лосевым. С 1936 г. родственные эффекты изучались французским ученым Дестрио под руководством Мориса Кюри. Он наблюдал излучение света при воздействии сильного переменного электрического поля на некоторые порошкообразные люминофоры, содержащие сульфид цинка и заключенные в изолирующей среде.

В 1950 г. появилось сообщение американских специалистов Пэйна, Магера и Джерома о практическом использовании явления электролюминесценции, выразившемся в создании ими нового источника света — электролюминесцентной лампы. С этого года во многих странах, в том числе и в СССР, началось развитие глубоких исследований явлений электролюминесценции и их практического применения в источниках света нового типа и принципиально новых усилителях света, усилителях световых изображений, телевизионных приемных приборах, вычислительных машинах и других устройствах.

СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Рассмотрим некоторые свойства электролюминесценции, важные с точки зрения практического применения. Речь будет идти в основном о частном случае электролюминесцен-

ции — свечении, возникающем в кристаллах при наложении на них больших внешних электрических полей. При этом в одних случаях электроды соприкасаются со слоем электролюминофора или монокристаллом, в других же такое соприкосновение отсутствует.

Электролюминесцентный конденсатор последнего типа обычно образуется из тонкого слоя изолятора, в среде которого располагаются кристаллы электролюминофора. Эта смесь помещается между двумя контактными электродами, к которым прикладывается переменное или импульсное напряжение. Один из этих электродов должен быть прозрачным.

Установлено, что электролюминесценция наблюдается при средних напряженностях 10^4—10^5, а в отдельных случаях 10^3 *в/см*.

Так как электролюминесценция определяется не напряжением, а напряженностью поля, то в принципе можно изготовлять электролюминесцентные элементы на любое напряжение, варьируя лишь их толщину.

Чтобы получить достаточную напряженность поля в люминофоре при подаче напряжения средней величины, толщина электролюминесцирующего элемента должна быть очень малой. С другой стороны, для однородности свечения толщина элемента должна быть большой по сравнению с размером частиц применяемого электролюминофора. Минимальное напряжение, при котором практически еще наблюдается свечение (в очень тонком слое), составляет 8,5—9 *в*.

На практике используются толщины электролюминесцентной ячейки 25—100 *мк*, чему соответствуют рабочие напряжения 100—600 *в*. Емкость конденсаторов при толщинах 100 *мк* составляет примерно 100 *пф/см*^{2}. При одинаковой напряженности поля яркость толстого элемента больше, чем тонкого, в силу того что первый содержит большее число зерен люминофора.

В настоящее время известно значительно меньшее количество электролюминесцентных материалов, чем люминофоров, возбуждаемых катодными, рентгеновыми или ультрафиолетовыми лучами. При этом материал, обладающий свойством электролюминесценции, проявляет, как правило, и свойство фотолюминесценции (люминесценции, возбуждаемой при поглощении света).

Люминесценция кристаллофосфоров вообще обусловлена наличием в них нарушений периодичности строения кри-

сталлической решетки, или так называемыми центрами свечения в кристалле. Обычный способ образования таких центров — внедрение чужеродных атомов-активаторов в кристаллическую решетку основного вещества люминофора. Характерной особенностью электролюминофоров по сравнению с фотолюминофорами является повышенное содержание активирующих веществ. Наиболее эффективными электролюминесцентными веществами являются соединения из класса сульфидов, которые, помимо обычного активирования, подвергаются специальной термообработке в различных средах.

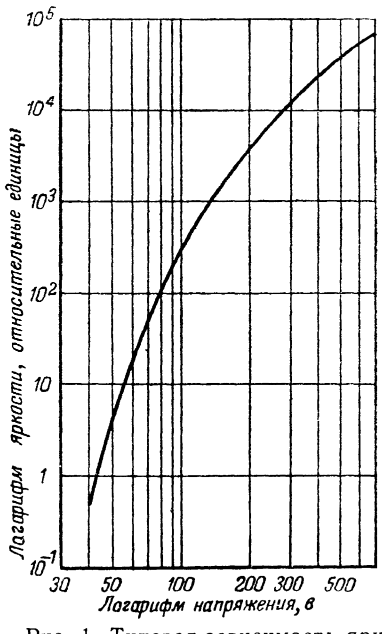


Рис. 1. Типовая зависимость яркости электролюминесцентного излучения от напряжения люминофора ZnS — Cu с зеленым свечением.

Типовая зависимость яркости электролюминесценции от величины приложенного напряжения показана на рис. 1. Аналитическое выражение для функции, аппроксимирующей зависимость яркости от приложенного напряжения, имеет следующий вид:

$$B = kUe^{-\frac{b}{U^{0,5}}},$$

где B — яркость свечения; U — приложенное напряжение, а k и b — постоянные.

При возбуждении электролюминофора переменным электрическим полем излучается мерцающий свет, частота которого вдвое превышает частоту приложенного напряжения. Кривые, характеризующие излучение света как функцию времени в течение периода изменения приложенного напряжения, принято называть волнами яркости. Даже при возбуждении электролюминофора синусоидальным напряжением форма волн яркости неправильна.

Волны яркости для различных полупериодов могут быть различными как по максимальной величине, так и по форме. Максимум излучения света электролюминофоров обыч-

но не совпадает по фазе с максимумом приложенного напряжения (рис. 2). Кроме того, перед или после главных максимумов наблюдаются слабо выраженные вторичные максимумы.

О влиянии величины и скорости изменения приложенного напряжения на электролюминесценцию можно судить по кривым на рис. 3. Как правило, интегральная яркость слабо зависит от вида временно́й функции приложенного напряжения при условии, что амплитуда сохраняется прежней.

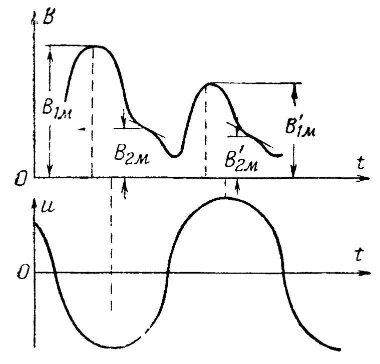


Рис. 2. Волны яркости при синусоидальном возбуждающем напряжении.

Формы волн яркости зависят от величины и частоты приложенного напряжения, конструкции прибора, величины работы выхода металлической подложки, поляризации в частицах люминофора, типа люминофора. Так, например, замечено, что волны яркости органических электролюминофоров более правильны по форме, чем неорганических.

Максимумы свечения находятся в точках перехода поля от нарастания (или убывания) к постоянному значению. При изменениях как величины импульсов возбуждающего напряжения, так и крутизны их фронта положение максимумов не меняется.

С практической точки зрения представляет большой интерес возбуждение электролюминесценции прямоугольными импульсами, ибо в будущем предполагается создание ряда специальных приборов, основанных на использовании импульсного возбуждения электролюминесценции. Волны яркости, получаемые при импульсном возбуждении, имеют вид, показанный на рис. 3,*г* и *д*. Волна яркости состоит из двух пиков, соответствующих нарастанию и спаду импульсов напряжения. Плоской части импульса напряжения соответствует затухание переднего, а паузе между импульсами — заднего пика яркости. В зависимости от состава электролюминофора, параметров импульсного возбуждения и характера предварительно воздействующего на него электрического поля меняется не только высота пиков яркости, но и соотношение этих высот для двух пиков.

Зависимость высоты пиков яркости от амплитуды возбуждающих импульсов напряжения в небольшой области изменения напряжения (трех-четырехкратное изменение) достаточно хорошо описывается уравнением

$$B = kU^n,$$

где B — высота светового пика, а U — амплитуда возбуждающего импульса. Показатель степени n в одном и том же люминофоре может несколько различаться для переднего и заднего пиков яркости, а для разных люминофоров он изменяется в пределах 5—7,5.

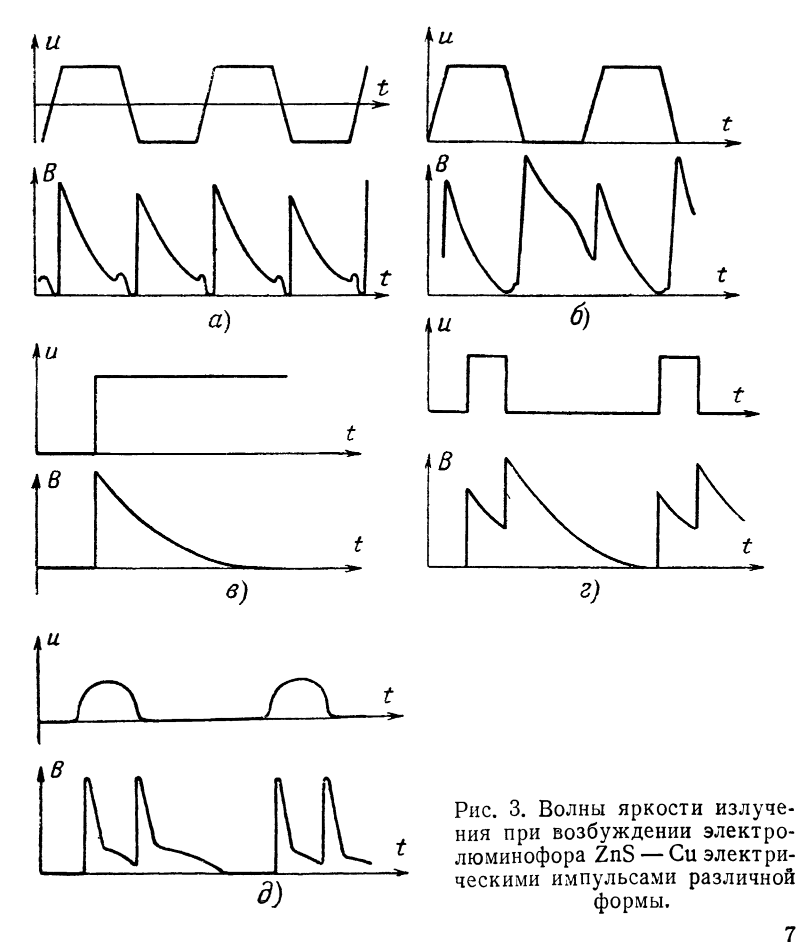


Рис. 3. Волны яркости излучения при возбуждении электролюминофора ZnS — Cu электрическими импульсами различной формы.

На высоту переднего пика яркости сильное влияние оказывают характер и величина предшествующего возбуждающего поля (электрическая предыстория люминофора). Так, если в промежутки между основными импульсами напряжения подавать на конденсатор дополнительные импульсы обратной полярности, то показатель степени *n* для переднего пика резко снижается, а для заднего остается практически неизменным. Эта особенность поведения переднего пика яркости приводит к тому, что в одном и том же конденсаторе соотношение высот двух пиков зависит от величин возбуждающих импульсов: передний пик может быть как выше, так и ниже заднего (рис. 3,*г*).

Изменение длительности фронтов возбуждающих импульсов при сохранении остальных их параметров постоянными сильно изменяет высоту и форму пиков яркости, причем интегральная яркость излучения электролюминофора меняется очень мало или вообще не меняется, если отношение длительности импульса возбуждения к длительности фронта импульса больше 20. Увеличение длительности фронта возбуждающего импульса приводит к уменьшению высоты пиков яркости и увеличению времени их нарастания (они расширяются по площади).

При достаточной длительности возбуждающего импульса уменьшение высоты пиков яркости, вызванное удлинением фронтов импульсов напряжения, компенсируется расширением этих пиков во времени. Поэтому интегральная яркость почти не меняется. При коротких импульсах напряжения расширение пиков яркости во времени (особенно переднего)ограничено длительностью импульса. Поэтому указанной выше компенсации не происходит, и интегральная яркость падает с увеличением длительности фронтов импульса напряжения, хотя это падение происходит медленнее, чем уменьшается высота пиков яркости.

Уменьшение длительности импульсов возбуждения приводит к незначительному уменьшению высот обоих пиков яркости, причем изменение высоты переднего пика можно предотвратить, вводя между импульсами изменяющейся длительности импульсы постоянной длительности. Интегральная яркость электролюминесценции начинает падать только тогда, когда эта длительность становится меньше 100 *мксек*, т. е. делается сравнимой со временем послесвечения электролюминофора.

Изменение периода повторения возбуждающих импульсов изменяет электрическую предысторию люминофора и

поэтому наиболее сильно сказывается на переднем пике яркости. Так, при изменении периода повторения в 30 раз (от 30 до 900 *мсек*) амплитуда переднего пика яркости изменилась в 5—6 раз, тогда как амплитуда заднего пика изменилась всего на 10—15% (по данным Орлова и Лямичева для ZnS—Cu, Pb, Cl).

Появление волн яркости можно объяснить следующим образом. Известно, что для возбуждения свечения любого люминесцентного вещества последнее должно предварительно поглотить определенное количество энергии; при этом люминесцентное вещество приходит в так называемое состояние возбуждения, т. е. обладает большей энергией, чем в нормальном состоянии. Люминесценция возникает за счет этой избыточной энергии при обратном переходе вещества из возбужденного состояния в нормальное. При возрастании внешнего поля электроны, приобретая энергию, ионизируют центры свечения; при этом рекомбинация их с ионизированными центрами свечения имеет небольшую вероятность. При переходе внешнего поля к постоянному значению пространственный заряд в кристалле компенсирует внешнее поле; энергия электронов уменьшается и возрастает число рекомбинаций электронов с центрами, что соответствует вспышке свечения. При переходе поля от постоянного значения к следующему изменению электроны, образовавшие поляризационный заряд двигаясь в глубь кристалла, встречаются с ионизированными центрами и дают небольшую вторичную вспышку свечения. Механизм свечения по современным представлениям примерно тот же, что и в фотолюминесценции.

Если электролюминофор находится под действием постоянного напряжения, то вспышка света возникает только в момент приложения потенциала, а другая вспышка— в момент его устранения. Это связано с тем, что сразу же после наложения постоянного напряжения в кристаллах электролюминофора возникают заряды поляризации, очень быстро нейтрализующие приложенное поле внутри кристалла. Так как эти заряды не могут уходить на электроды, то в течение всего периода действия постоянного поля внутри частиц поле отсутствует, и поэтому нет свечения. В момент снятия внешнего поля действующим в кристалле оказывается поле, созданное зарядами поляризации, быстро рассасывающимися. В некоторых электролюминофорах свечение наблюдается только при снятии внешнего постоянного поля.

На рис. 4 показаны типовые характеристики зависимости яркости свечения от частоты возбуждающего напряжения для электролюминофоров с одной полосой излучения. Из этих кривых видно, что на низких частотах для однократно активированного люминофора яркость свечения пропорциональна частоте возбуждающего напряжения. На более высоких частотах наблюдается слабая тенденция к насыщению. Крутизну характеристики частотной зависимости можно изменять, меняя состав электролюминофора или технологию его обработки.

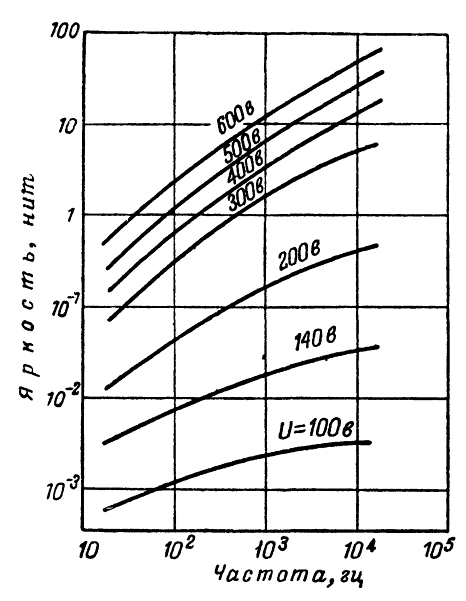


Рис. 4. Зависимость яркости голубого излучения электролюминофора ZnS—Cu от частоты приложенного напряжения при различных амплитудах.

Цвет испускаемого излучения некоторых электролюминофоров зависит от частоты приложенного напряжения. Это замечание справедливо для многократно активированных люминофоров, т. е. для материалов, имеющих более одного вида люминесцентных центров. Так, например, при применении сульфида цинка ZnS—Cu, Pb в диапазоне частот 60—800 *гц* преобладает зеленое свечение. На частотах, больших 800 *гц*, наблюдается голубовато-зеленое свечение, которое переходит в чисто голубое при очень высоких частотах. Цветовой сдвиг с повышением частоты всегда направлен в сторону более коротких волн; в качестве примера на рис. 5 показано распределение спектра излучения для сложного люминофора, имеющего три рода люминесцентных центров.

Цветовые сдвиги с изменением частоты могут получаться и иными путями. Можно, например, использовать разницу в частотной зависимости для разных люминофоров, смешав небольшое количество материала А с боль-

шим количеством материала Б; в этом случае при низких частотах будет светиться в основном материал А, а при высоких—материал Б. Можно также изготовить многослойный элемент, состоящий из нескольких электролюминесцентных пластин с разными люминофорами и прозрачными промежуточными электродами. Отдельные пластины представляют собой конденсаторы (с потерями), которые могут быть настроены на различные частоты с помощью

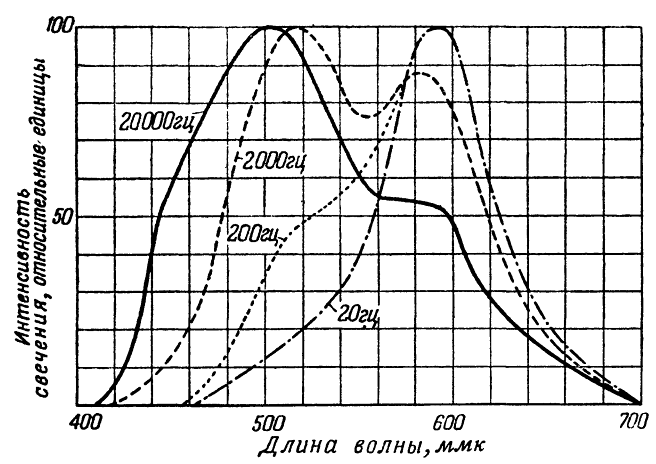


Рис. 5. Спектры излучения электролюминофоров, содержащих три различных люминесцентных центра, при различных частотах.

последовательно включенных индуктивностей; каждая цепь подключается параллельно источнику напряжения. Такое устройство будет сложным по конструкции, но достоинством его будет возможность изменять цвет в больших пределах путем сравнительно небольшого изменения частоты.

Если переменное синусоидальное поле приложено к материалу, свечение которого было до этого полностью погашено, то для достижения уровня яркости, равного 50% установившегося значения, требуется несколько периодов синусоидального напряжения. Чем выше частота, тем больше требуемое число периодов, однако общее время разгорания с повышением частоты уменьшается.

Свечение большинства электролюминофоров быстро затухает после снятия возбуждающего напряжения. Так, например, для люминофора ZnS—Mn типичная постоян-

ная затухания (после импульсного возбуждения) составляет 0,5 *мсек* (при экспоненциальном законе затухания, свойственном этому люминофору). Люминофор ZnS—Cu имеет степенной закон затухания с показателем степени 0,5—1, для достижения 10%-го уровня требуется время около 0,25 *мсек*.

Выше говорилось о том, что яркость электролюминесценции монотонно возрастает с частотой и величиной воз-

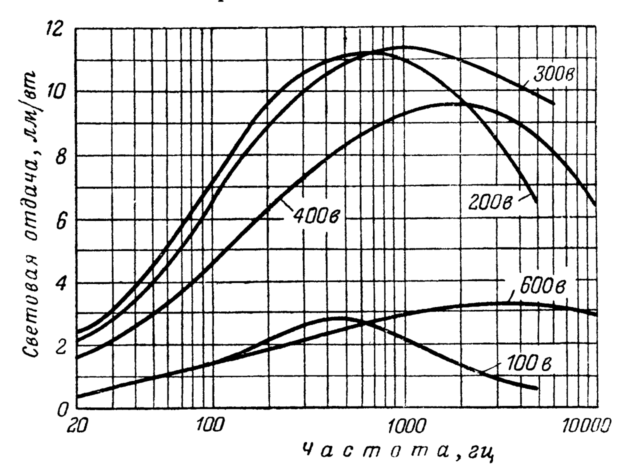


Рис. 6. Зависимость световой отдачи электролюминофора от величины возбуждающего напряжения и его частоты.

буждающего напряжения. Однако к. п. д. не следует этому закону. Как видно из рис. 6, световая отдача имеет максимум при промежуточных значениях напряжений и частоты, хотя в некоторых случаях частотная зависимость выражена очень слабо. Оптимальная частота лежит чаще всего вблизи 500 *гц*. При одних и тех же условиях получить максимальную яркость и максимальный к. п. д. невозможно, и на практике необходим компромисс. Наибольшее значение к. п. д. составляет 2—3%.

Зависимость яркости свечения электролюминофора от температуры носит различный характер в зависимости от типа используемого материала. У некоторых люминофоров яркость сначала увеличивается с ростом температуры, проходит через максимум, а затем уменьшается, например у люминофоров ZnS—Cu, ZnS—Ag. У других люминофоров яркость постепенно уменьшается по мере увеличения температуры; у люминофора ZnS · ZnO—Cu_4, например,

она уменьшается при возрастании температуры от —155° С. У многократно активированных люминофоров можно наблюдать изменение цвета свечения с изменением температуры.

Явление электролюминесценции в кристаллах под воздействием внешних электрических полей в настоящее время используется в ряде практических приборов. Уже сейчас, несмотря на свою новизну и несовершенство, эти приборы обладают рядом преимуществ по сравнению с приборами аналогичного назначения других типов, имеющими многолетнюю историю развития.

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

В настоящее время в светотехнике находит широкое применение фотолюминесценция. Имеются в виду люминесцентные лампы, действие которых основано на двойном преобразовании энергии: превращении электрической энергии в энергию ультрафиолетового излучения за счет ионизации молекул нейтрального газа и паров ртути и последующем преобразовании ультрафиолетового излучения в видимое свечение люминесцирующих веществ.

В электролюминесцентных же источниках излучение света происходит без промежуточных процессов, при непосредственном воздействии на электролюминофор электрического поля.

В последние годы были предприняты попытки использовать явление электролюминесценции для создания источников света нового типа.

Конструкция электролюминесцентного источника света схематично показана на рис. 7. Для наглядности толщина слоев сильно и непропорционально увеличена. Мелкокристаллический порошок люминесцирующего вещества распределен здесь в диэлектрике из смолы, образуя тонкий слой между электродами. Один из электродов прозрачен.

В большинстве конструкций опорной деталью является стеклянная пластина, на одной стороне которой создается проводящее прозрачное покрытие из окиси олова или окиси кадмия. Проводящее покрытие может представлять собой также тонкую пленку напыленного золота или же мелкоструктурную сетку из латуни либо фосфористой бронзы. На поверхность проводящего слоя наносится слой диэлектрика, содержащий электролюминофор, чаще всего на основе сульфида цинка. Затем создается второй элек-

трод, обычно в виде тонкого слоя напыленного в вакууме алюминия. Этот электрод служит также для отражения излучаемого света в сторону прозрачного электрода. На краях элемента укрепляются две мягкие металлические

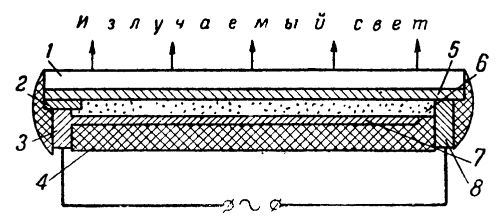


Рис. 7. Конструкция электролюминесцентного источника света (в разрезе).

1 — стеклянная пластина; 2 — изолятор; 3—контактный металлический электрод; 4 — защитное покрытие; 5 — прозрачная проводящая пленка; 6 — электролюминофор, взвешенный в смоле; 7 — металлическая пластина; 8 — контактный электрод проводящего покрытия.

прокладки, соединяемые с электродами. Изготовление прибора завершается покрытием тыловой стороны слоем диэлектрика, защищающего тонкие слои от механических повреждений и попадания в них влаги и пыли, а также изолирующего их электрически.

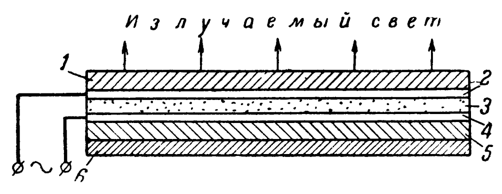


Рис. 8. Конструкция электролюминесцентного источника света, изготавливаемого техникой эмалирования.

1 — защитное прозрачное покрытие; 2 — прозрачная проводящая пленка; 3 — электролюминофор, взвешенный в диэлектрике; 4 — проводящая пленка; 5 — слой эмали; 6 — стальная пластина.

На рис. 8 схематично показана конструкция электролюминесцентного источника света, создаваемого на стальной или стеклянной пластине. Здесь электролюминофор вносится в покрытие из стекла с низкой температурой плавления или в слой эмали и наплавляется на металлическое или стеклянное основание. В случае металлического основания вторым электродом служит прозрачная про-

водящая пленка. Готовый электролюминесцентный элемент по внешнему виду напоминает эмалированное изделие и имеет большую механическую прочность. В случае стеклянного основания с прозрачным проводящим покрытием второй электрод может быть как прозрачным (двусторонее излучение), так и непрозрачным (одностороннее излучение).

Изготовляются также «гибкие» элементы путем нанесения люминофора, взвешенного в пластической среде, на проводящую стеклянную ткань или металлическую сетку; вторым электродом может служить алюминиевая пленка, наносимая испарением. Имеются также предложения изготовлять гибкие элементы на пластическом основании. Однако реализация этих предложений не была особенно успешной, видимо из-за отсутствия в настоящее время пленок с высокими проводимостью и оптической прозрачностью, которые можно было бы наносить на пластики.

Внедрение электролюминесцентных приборов в светотехнику будет определяться теми их параметрами, которые обычно определяют значимость того или иного источника света, а именно: значением максимальной яркости, спектральной характеристикой, долговечностью прибора, светоотдачей, особенностями конструкции и эксплуатации источника света.

В известных зарубежных электролюминесцентных источниках света, рассчитанных на работу при действующем значении возбуждающего напряжения порядка 250 *в* с частотой 50 *гц*, максимальная яркость достигает 34 *нит*. При наличии источника напряжения высокой частоты яркость свечения может быть значительно повышена. Например, существуют приборы, максимальная яркость свечения которых достигает 600 *нит* при частоте возбуждающего напряжения 4 000 *гц*. В лабораторных условиях получена максимальная яркость 6 *сб*, что соответствует частоте возбуждающего напряжения 20 000 *гц*.

Следовательно, при использовании возбуждающих напряжений высокой частоты электролюминесцентные источники света можно использовать для освещения помещений уже теперь.

По поводу требований к спектральной характеристике можно сказать следующее. Применяя смесь электролюминофоров с различными спектрами излучения, можно получить практически любой желаемый цвет электролюминесцентного излучения. В практических целях может быть

использовано изменение спектра излучения в функции от частоты возбуждающего напряжения.

Яркость электролюминесцентных источников света в течение первых часов работы возрастает, а затем со временем уменьшается. Они могут сохранять 90% первоначальной максимальной яркости после 1 000 *ч* работы и 75% после 4 000 *ч*. Для сравнения заметим, что в люминесцентных лампах световой поток после работы в течение 2 000—2 500 *ч* снижается на 30%, а средняя продолжительность горения ламп накаливания составляет всего 1 000 *ч*.

Герметизация электролюминесцентных приборов в среде инертного газа позволяет сохранять 90% первоначальной яркости после 3 000 *ч* работы. Приведенные цифры свидетельствуют о значительных преимуществах электролюминесцентных источников по сроку службы перед ныне применяемыми источниками света.

Светоотдача электролюминесцентных источников при увеличении возбуждающего напряжения сначала возрастает, проходит через максимум, а затем уменьшается. Максимальная светоотдача известных электролюминесцентных источников достигает 15 *лм/вт*, тогда как световая отдача люминесцентных ламп составляет 40—50 *лм/вт*, а ламп накаливания — 6—22 *лм/вт*. Таким образом, имеющиеся сейчас электролюминесцентные источники света сравнимы по световой отдаче с лампами накаливания, но значительно уступают люминесцентным лампам.

По последней причине электролюминесцентные источники света не применяются в настоящее время для целей обычного освещения, но их начинают применять в различных специальных целях там, где световая отдача не является основным показателем. При этом используются такие достоинства электролюминесцентных приборов, как малая толщина, большая равномерно излучающая поверхность, широкие возможности изменения спектра излучения, большой срок службы.

В числе специальных применений можно назвать освещение шкал приборов, приборных досок, радиопанелей самолетов, проходов в театрах, создание светящихся надписей у телефонных аппаратов, термометров, рукояток разъединителей и т. п. Применение электролюминесцентных источников света в авиации перспективно потому, что там имеются источники электрической энергии повышенной частоты.

Известно, что в производственных помещениях фабрик, изготавливающих светочувствительные материалы, в фотолабораториях и кинолабораторях применяется неактиничное освещение, т. е. освещение световым потоком, лучи которого не действуют или действуют очень слабо на светочувствительный слой фотоматериалов. Источником неактиничного света обычно является сочетание лампы накаливания со светофильтром. Для защиты от белого света используется кожух. Последний затрудняет отвод тепла от лампы, вследствие чего происходит нагревание светофильтра и изменение его спектральных характеристик; кожух обусловливает также большие габариты фонаря. Указанными недостатками не обладают электролюминесцентные панели. Эти панели потребляют значительно меньшую мощность, чем обычные фотолабораторные фонари, имеют срок службы, в несколько раз больший, чем лампы накаливания, не требуют наличия светофильтра, удобны по конструкции, ибо имеют вид тонкой панели.

УСИЛИТЕЛИ ЯРКОСТИ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Для научных исследований и некоторых практических целей в технике часто необходимо усиление светового изображения или преобразование изображений в рентгеновых, ультрафиолетовых, инфракрасных, ультразвуковых или катодных лучах в видимое изображение.

Одним из способов достижения указанных целей являются превращение усиливаемого или преобразуемого изображения в электронное с помощью фотоэмиттера, ускорение электронов в вакууме и превращение электронного изображения в видимое с помощью флуоресцирующего экрана. Таким образом, здесь осуществляется перенос изображения с фотокатода на экран с одновременным изменением его спектрального состава; последний определяется используемым люминофором. Совершенные по качеству преобразования приборы такого типа (вакуумные электронно-оптические преобразователи) сложны по конструкции, громоздки и неудобны в эксплуатации.

Использование электролюминесценции для усиления яркости изображений позволяет избежать применения вакуумных трубок, уменьшить габариты приборов, упростить их эксплуатацию. Здесь энергия электрического поля преобразуется в световую без промежуточных процессов.

При этом необходимо различать два вида усиления: по видимому свету и энергии излучения. Если конечным

обнаруживающим устройством является человеческий глаз, то желательно усиление по видимому свету. Если же необходимо усиление общей мощности электромагнитных излучений, то более целесообразным является усиление по излучаемой энергии.

Коэффициент усиления по видимому свету представляет собой отношение энергии излучаемого видимого света (с данным спектральным распределением) к энергии возбуждающего света (с его спектральным распределением) при определенных рабочих условиях усилителя, а коэффициент усиления по энергии излучения — отношение полной излученной энергии к полной энергии облучения.

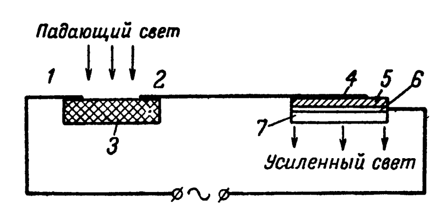


Рис. 9. Опытный усилитель света. *1*, *2* и *4* — контактные электроды; *3* — фотопроводник CdS; *5* — электролюминофор ZnS — Ag, Cu; *6* — проводящий прозрачный слой; *7* — стеклянная пластина.

Если спектральная характеристика излучения усилителя света отличается от спектральной характеристики облучения, то имеет место преобразование света, сопровождающееся усилением или ослаблением по энергии.

Усилители и преобразователи света состоят из воспринимающего и излучающего элементов, электрически соединенных между собой и с источником напряжения.

Электролюминесцентные усилители с фотопроводниковыми слоями. Возможность создания твердого (невакуумного) усилителя света была впервые доказана использованием последовательного соединения электролюминесцентной панели, фотопроводникового элемента и источника электрической энергии, как показано на рис. 9.

Здесь фотопроводник (воспринимающий элемент) и электролюминофор (излучающий элемент) образуют делитель напряжения. В темноте фотопроводниковый элемент имеет большое сопротивление, поэтому на электролюминесцентный слой приходится малая доля напряжения возбуждающего источника. По мере увеличения падающего на фотопроводник светового потока его сопротивление уменьшается и все бóльшая часть напряжения оказывается приложенной к электролюминофору.

С помощью такого устройства удавалось усилить световой поток (при равных площадях фотопроводникового

элемента и электролюминесцентной панели) в 40—50 раз. При этом необходимо иметь в виду, что среднее значение полного сопротивления электролюминесцентного элемента почти обратно пропорционально эффективному значению приложенного напряжения. Это приводит к тому, что коэффициент усиления получается значительно меньшим, нежели было бы в случае сопротивления, не зависящего от величины напряжения.

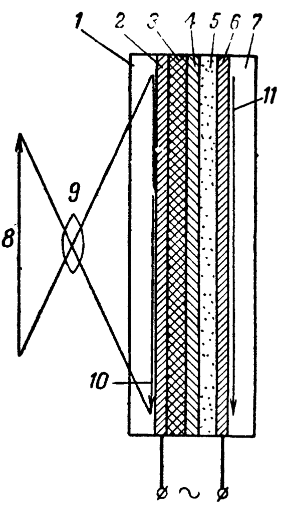


Рис. 10. Усилитель света слоистого типа в разрезе.

1 — стекло; *2* — прозрачная проводящая пленка; *3*—фогопроводник; *3* — непрозрачный проводящий слой; *5*—электролюминофор, взвешенный в диэлектрике; *6*— прозрачное проводящее покрытие; *7* — стекло; *8* — объект; *9*—объектив; *10*—усиливаемое по яркости изображение; *11* — наблюдаемое изображение.

Наблюдалась значительная инерционность усилителя, в силу которой установление нового выходного уровня при скачкообразном изменении уровня входного светового сигнала требует значительного числа периодов переменного питающего напряжения. Поэтому для предотвращения искажений частота изменения входного светового сигнала должна быть малой по сравнению с частотой напряжения питания.

В дальнейшем рядом исследователей были разработаны твердые усилители света, в которых фотопроводниковый и электролюминесцентный элементы были конструктивно объединены на одной панели. Конструкция простейшего усилителя (в разрезе) схематично показана на рис. 10. Здесь слои фотопроводника и электролюминофора помещены между прозрачными проводящими слоями, к которым подводится возбуждающее напряжение. Непрозрачный слой защищает фотослой от попадания света, излучаемого электролюминофором, и тем самым позволяет избежать обратной световой связи. Такая конструкция обладает рядом недостатков, основным из которых является поглощение света малопрозрачным толстым слоем фотопроводника, приводящее к уменьшению усиления.

Более совершенным является усилитель, в котором фотопроводник удерживается металлической сеткой

(рис. 11). На прозрачное проводящее покрытие на стекле здесь наносится методом напыления тонкий слой электролюминофора, на котором затем создается тонкий непрозрачный защитный слой из сажи с наполнителем. На расстоянии 0,4 *мм* от защитного слоя помещается мелкоструктурная сетка (около 100 прямоугольных отверстий на 1 $см^2$ при 50% прозрачности). На сетку напыляется фотопроводниковый порошок, смешанный со связующим веществом. Таким образом, создается множество элементарных усилителей света, в совокупности представляющих собой преобразователь изображения одной яркости в изображение большей яркости.

Действительно, в темноте при приложенном между фотопроводниковым слоем и электролюминофором напряжении бо́льшая часть последнего приходится на фотопроводниковые элементы. При освещении отдельных ячеек фотопроводника их проводимость увеличивается и бо́льшая доля возбуждающего напряжения прикладывается к соответствующим участкам электролюминофора, обусловливая их свечение. Проецируя на фотопроводниковую поверхность изображение, можно получить на другой стороне панели усиленное по яркости изображение.

Основным недостатком такого преобразователя является трудность получения равномерности излучения.

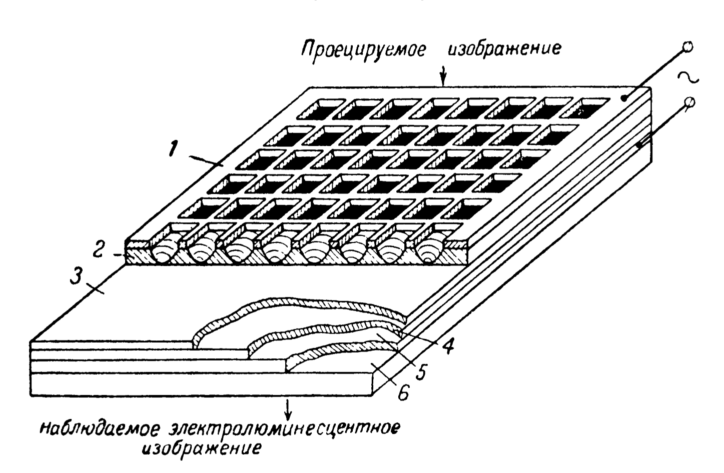


Рис. 11. Усилитель света с фотопроводником, удерживаемым металлической сеткой.

1 — металлическая сетка; *2* — слой фотопроводника; *3* — непрозрачный защитный слой; *4* — слой электролюминофора в диэлектрике; *5* — прозрачное проводящее покрытие; *6* — стеклянная пластина.

На рис. 12 схематично показано (в разрезе) устройство усилителя оптического изображения с фотопроводником желобчатой формы. Здесь на проводящее прозрачное покрытие на стекле напыляется слой электролюминофора толщиной около 0,25 *мм*. На него наносится защитный непрозрачный слой толщиной в несколько микрон, который в свою очередь покрывается более толстым токорассеивающим слоем сульфида кадмия (CdS). Затем производится напыление фотопроводника из сульфида кадмия, взвешенного в связующем веществе, на токорассеивающий слой. Во всех случаях в качестве связующего вещества использовался аралдит, разжиженный диацетоновым спиртом. После напыления на фотопроводящую поверхность серебряной краски в фотопроводнике вырезаются тонкие V-образные желобки (глубиной около 0,4 и с расстоянием между центрами около 0,7 *мм*), причем на вершинах желобков остаются узкие проводящие серебряные полоски (шириной в несколько сотых долей миллиметра). Проводящие полоски соединяются с общим зажимом и являются одним из контактных электродов устройства. Другим контактным электродом служит прозрачное проводящее покрытие на стекле.

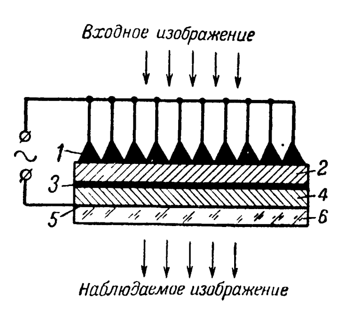


Рис. 12. Усилитель света с фотопроводником желобчатой формы.

1 — слой фотопроводника; 2 — токорассеивающий слой; 3 — непрозрачный защитный слой; 4 — слой электролюминофора; 5—проводящее прозрачное покрытие; 6 — стеклянная пластина.

Токорассеивающий слой здесь нужен для того, чтобы фототок, прежде чем войти в слой электролюминофора, мог несколько рассеяться. В противном случае фототоки протекали бы от дна каждого желобка к люминофору в слишком ограниченных зонах. Зона диффузии токов ограничена примерно расстоянием между двумя соседними зубцами, разделяющими желобки; поэтому обеспечивается возбуждение слоя электролюминофора по всей его поверхности. Разрешающая способность панели при этом практически не ухудшается, так как она определяется плотностью расположения желобков.

В описанном устройстве обеспечиваются эффективная засветка фотослоя и эффективное возбуждение электро-

люминофора. Конструкции этого типа выполнялись в виде панелей с максимальными размерами 30×30 *см*. По разрешающей способности изображения таких усилителей сравнимы с телевизионными изображениями, создаваемыми на экранах электронно-лучевых трубок.

На рис. 13 показана фотография одного из первых образцов конструкции последнего типа с усиленным выходным изображением, полученным путем оптической проек-



Рис. 13 Фотография изображения на усилителе света с фотопроводником желобчатой формы.

ции слабого изображения на слой фотопроводника. Небольшие темные пятна свидетельствуют о дефектах соединения фотослоя и токорассеивающего слоя. Отдельные темные горизонтальные линии вызваны нарушением контакта с общим выводом у некоторых проводящих линий из серебряной краски.

Рабочие слои последнего усилителя яркости оптических изображений имеют следующие параметры.

Время затухания электролюминофора после снятия

возбуждающего напряжения составляет примерно 1 *мсек*, т. е. вполне удовлетворительное для целей воспроизведения движущихся изображений. Однако время нарастания после внезапного приложения напряжения зависит от предварительного возбуждения и при звуковых частотах находится в пределах 1—30 *мсек*.

Инерционность фотопроводникового слоя колеблется между 0,1 *сек* и несколькими секундами, причем она меньше для низких световых потоков. Таким образом, в усилителях данного типа инерционность определяется слоем фотопроводника. Значительная инерционность ограничивает область применения описываемого преобразователя, ибо она не позволяет применять их для воспроизведения движущихся изображений.

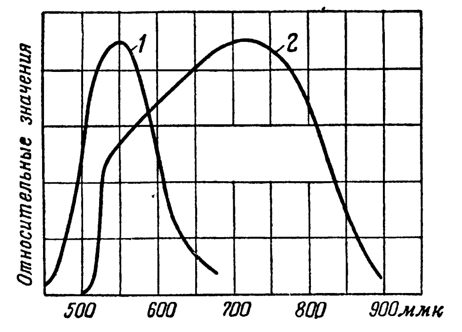


Рис. 14. Спектральные характеристики чувствительности фотопроводника и излучения электролюминофора.

1 — для электролюминофора, *2* — для фотослоя.

На рис. 14 показаны спектральная характеристика чувствительности применявшегося фотопроводника и спектральная характеристика излучения электролюминофора. Из кривых следует, что при работе усилителя с входным светом, относящимся к желтой области спектра, усиление падает примерно на 50% по сравнению с тем, которое можно получить при входном свете со спектральным максимумом, совпадающим с максимумом спектральной чувствительности фотопроводникового слоя. В последнем случае усиление по энергии достигает 30.

Проводимость фотопроводникового слоя линейно зависит от интенсивности света при определенном электрическом поле. Зависимость же проводимости этого слоя при световом потоке постоянной величины от значения приложенного напряжения имеет ярко выраженную нелинейность, т. е. эффективность слоя резко снижается при применении переменного возбуждающего поля вместо постоянного, в то время как для нормальной работы электролюминесцентного элемента необходимо переменное напряжение.

На рис. 15 показан принцип действия усилителя яркости оптического изображения, где устраняется упомянутое выше противоречие между условиями нормальной эксплуатации фотопроводника и электролюминофора. Здесь к каждой паре соседних ребристых участков фотопроводника приложены постоянные напряжения различной полярности. Величина этих напряжений смещения равна амплитудному значению переменного напряжения. Таким образом, через каждый элемент фотопроводникового слоя проходит ток различной величины, но одного определенного направления, т. е. пульсирующий ток. В соседних элементах токи текут всегда в противоположных направлениях и сдвинуты по фазе на 180°. В таком режиме работы эффективность фотопроводникового слоя, т. е. средняя величина фототока при определенном переменном напряжении, почти такая же, как и на постоянном токе. Электролюминофор работает на переменном токе. Благодаря этому достигается значительное увеличение коэффициента усиления. Последний достигает 1 000 при работе с лампой накаливания (2 800° К) и освещенности на входе около 0,05 *лк*. При изменении частоты возбуждающего напряжения от 60 до 200 *гц* усиление практически не меняется. Инерционность усилителя велика; она растет при уменьшении уровня входной освещенности и для малых освещенностей составляет несколько секунд. Зависимость выходной яркости от входной освещенности нелинейна; она имеет S-образную форму.

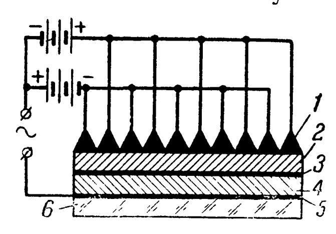


Рис. 15. Усилитель света с фотопроводником желобчатой формы улучшенной конструкции.

1 — слой фотопроводника; *2* — токорассеивающий слой; *3* — непрозрачный защитный слой; *4* — слой электролюминофора; *5*—прозрачное проводящее покрытие; *6* — стеклянная пластина.

Если вместо непрозрачного защитного слоя в последних трех описанных усилителях яркости создать слой, обладающий некоторой прозрачностью, и сделать токорассеивающий слой достаточно тонким, то появляющаяся оптическая обратная связь может привести к увеличению коэффициента усиления. При учете обратной связи необходимо считаться с тем, что доля выходного света, воздействующего обратно на фотослой, имеет спектральное распределение, отличное от входного света, а также с тем. что эффективность обратного возбуждения фотопроводни-

кового слоя отличается от эффективности его возбуждения со стороны падающего света.

При этих условиях усиление с учетом обратной связи

$$K_0 = \frac{K}{(1 - K\alpha\beta)},$$

где K — усиление без обратной связи; α — множитель, учитывающий различное спектральное распределение входного и выходного света; β — множитель, учитывающий различную эффективность возбуждения фотослоя при возбуждении с прямой и обратной сторон.

Таким образом, использование небольшой обратной связи приводит к увеличению усиления, а также обостряет максимум кривой зависимости усиления от величины входного светового сигнала. Если же член $K\alpha\beta$ сделать бо́льшим единицы, то усилительный элемент, будучи однажды возбужден входным сигналом, останется в возбужденном состоянии неопределенно долгое время.

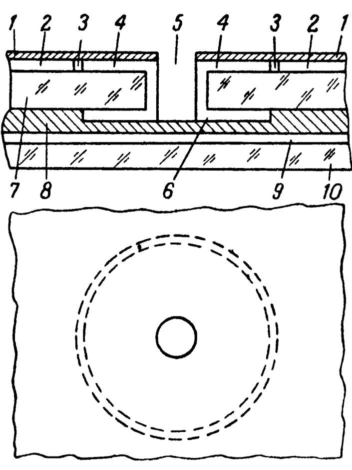


Рис. 16. Разрез элементарной ячейки светозапоминающего элемента.

1 — слой фотопроводника CdS; *2*, *4*, *6* и *9* — проводящие покрытия; *3* — зазор в проводящем покрытии; *5* — отверстие; *7* и *10* — стеклянные пластины, *8* — слой электролюминофора.

Существуют приборы, где оптическая обратная связь между фотопроводниковым слоем и электролюминофором используется для «запоминания» оптической информации. На плоскую панель в течение небольшого промежутка времени проецируется оптическое изображение, после чего элементы электролюминофора непрерывно излучают свет, создавая, таким образом, самосветящееся изображение. Изображение сохраняется все время, пока к устройству подводится переменное возбуждающее электролюминесценцию напряжение от внешнего источника. Интенсивность самосветящегося изображения не превышает интенсивности проецируемого изображения.

Конструкция элемента светозапоминающей панели, экспериментально исследованной Розенталем (США), по-

казана на рис. 16. Основанием здесь служит стеклянная пластина, покрытая электропроводящим прозрачным слоем. Поверх проводящего слоя нанесен тонкий слой электролюминофора толщиной около 0,06 *мм*. Слой электролюминофора покрыт стеклянной шайбой толщиной 0,375 *мм* с отверстием в центре (диаметр отверстия 0,38 *мм*). Шайба служит для направления части света, излучаемого слоем электролюминофора, на фотопроводящий слой. Геометрические размеры элемента, таким образом, определяют величину коэффициента обратной связи.

Шайба находится в тесном контакте с верхней поверхностью электролюминесцентного слоя. Поверх шайбы наносится проводящее покрытие в виде двух проводящих колец: *2* и *4*. Зазор между концентрическими кольцами равен 0,25 *мм*. На кольца нанесен фотопроводящий слой *1* из сернистого кадмия.

Переменное напряжение, возбуждающее электролюминесценцию, прикладывается между проводящим кольцом *2* и проводящим покрытием *9*, нанесенным под слоем электролюминофора. Для обеспечения непрерывности цепи контакта с верхней поверхностью электролюминофора создается кольцо из проводящего слоя *6*, соединенное по стенкам отверстия с кольцом *4*.

Эффект запоминания имел место в диапазоне частот питающего напряжения 20—1 000 *гц*. Освещение фотопроводящего слоя импульсом света длительностью порядка 1 *мсек* возбуждает электролюминесценцию элемента, который становится светящимся до тех пор, пока напряжение не снижается до 300 *в*.

Элементы, описанные выше, дают возможность построить запоминающее устройство с большой поверхностью путем создания панели с большим количеством ячеек. Если расстояние между центрами отверстий выбрано равным 2 *мм*, то для получения разрешающей способности, эквивалентной телевизионному растру на 625 строк, общий размер панели запоминающего устройства будет равен примерно 1,25×1,7 *м*.

Интенсивность света, возбуждающего описанное устройство, должна быть не более 3,4 и не менее 0,7 *нит*. Длительность светового импульса должна быть больше постоянной времени фотопроводникового слоя, т. е. порядка нескольких миллисекунд.

Структура описанного типа может быть также использована в электронно-лучевой трубке в качестве экрана при

условии, если сопротивление фотослоя под действием модулирующего электронного пучка понижается.

Электрофотолюминесцентные усилители яркости. При создании твердых усилителей яркости оптических изображений может быть использовано явление электрофотолюминесценции. Если возбудить некоторые люминофоры (главным образом типа сульфида цинка) ультрафиолетовыми лучами, рентгеновыми лучами или потоком альфа-частиц и затем устранить возбуждающее излучение, то при приложении электрического поля может быть получена мгновенная вспышка света. Свойством же электролюминесценции эти материалы почти не обладают. Если приложено постоянное поле, то можно наблюдать вспышки при его удалении или последовательном многократном приложении и удалении. Вспышка мгновенного свечения может наблюдаться и во время действия возбуждающего луча, сопровождаясь эффектами затухания и усиления. Подобная вспышка мгновенного свечения возникает также и при удалении поля, если облучение возбуждающим лучом осуществлялось при наличии электрического поля.

Количественно интенсивность вспышки характеризуется освобождающейся световой энергией, которая при проведении экспериментов над люминофорами называется световой суммой. Эта световая сумма меньше, когда поле прикладывается через длинный интервал времени после облучения, чем когда поле прикладывается немедленно после облучения. Кроме того, для некоторых люминофоров световая сумма, получаемая после двух идентичных и последовательных возбуждений и воздействия поля, непостоянна; она меньше при втором эксперименте. Световая сумма тем больше, чем выше прикладываемое напряжение. Она зависит также от температуры образца и частоты изменения прикладываемого напряжения.

Вспышка мгновенного излучения затухает при облучении люминофора инфракрасными лучами до или во время возбуждения. Интересно, что спектральная полоса, излучаемая при вспышке мгновенного свечения, отличается от спектра люминесценции при возбуждении ультрафиолетовыми лучами, рентгеновыми лучами или альфа-частицами.

Устройство электрофотолюминесцентного усилителя яркости схематически изображено на рис. 17. На проводящее покрытие на стекле, служащее одним из электродов, наносится испарением тонкий слой люминофора на основе сульфида цинка. Вторым электродом служит тонкое алю-

миниевое покрытие. В отсутствие поля наблюдается очень слабая фотолюминесценция. Электролюминесценция при отсутствии возбуждения лучами также ничтожно мала. Однако если облучить такой элемент ультрафиолетовыми или рентгеновыми лучами, то наложение поля дает значительное усиление люминесценции. В случае постоянного электрического поля это явление наблюдается, когда алюминиевый электрод отрицателен.

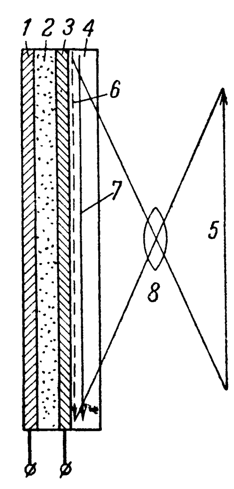


Рис. 17. Электрофотолюминесцентный усилитель яркости в разрезе.

1 — металлическая пленка; 2 — нанесенная испарением пленка электролюминофора; 3 — проводящая прозрачная пленка; 4 — стеклянная пластина; 5 — объект; 6 — проецируемое ультрафиолетовое изображение; 7 — видимое изображение; 8 — объектив.

При напряженности поля порядка 10^5 *в/см* и возбуждении монохроматическим светом с длиной волны 365 *ммк* и интенсивностью 1 *вт/см*^{2} достигается увеличение яркости свечения в 80 раз. При росте интенсивности облучающего ультрафиолетового света коэффициент усиления уменьшается обратно пропорционально корню квадратному из интенсивности, достигая 10 при интенсивности облучающего света 100 *вт/см*^{2}. Коэффициент полезного действия устройства невелик. По отношению к мощности, затрачиваемой источником постоянного напряжения, световая отдача составляет около 0,2 *лм/вт*. Постоянная времени устройства при облучении ультрафиолетовым светом интенсивностью 1 *вт/см*^{2} составляет 2—3 *сек*.

Описываемый усилитель яркости обладает высокой разрешающей способностью (около 100 линий на 1 *мм*). Экран усилителя имеет диаметр около 100 *мм* и дает контрастное изображение хорошего качества при входном изображении в ультрафиолетовых лучах.

Интересный эффект накопления или памяти был обнаружен при усилении с помощью электрического поля люминесценции, возбужденной рентгеновыми лучами. Электролюминофор вначале подвергался одновременному действию рентгеновского излучения и поля, после чего выключалось сначала излучение, а затем поле. Если после хранения электролюминофора в темноте (в некоторых опытах — до 17 *ч*) снова вкючалось рентгеновское излуче-

ние без поля, то свечение люминофора повышалось до большей величины, после чего оно спадало до установившейся величины. Таким образом, если между электролюминофором и рентгеновским излучением поместить просвечиваемый предмет во время первого облучения (при наличии поля), то изображение этого предмета будет получено при втором облучении (без поля) при удаленном предмете. Этим путем при определенных условиях можно повысить контрастность изображений.

Характеристики существующих усилителей яркости оптических изображений определяют области их практического использования. Большая инерционность усилителей не является помехой для усиления изображения в рентгенотехнике. При этом возможно как непосредственное преобразование рентгеновского изображения в видимое, так и усиление яркости изображения, полученного на обычном рентгеновском экране. Такие усилители можно использовать для усиления яркости радиолокационных изображений, создаваемых на экранах электронно-лучевых трубок-индикаторов. Такие усилители могут использоваться для преобразования оптических изображений в инфракрасных, ультрафиолетовых и рентгеновых лучах в видимые изображения.

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ПРИЕМНЫЕ ПРИБОРЫ

Наиболее ответственным и дорогостоящим узлом телевизионного приемника, определяющим не только качество работы последнего, но и его конструкцию, является электронно-лучевая трубка, на экране которой воспроизводится изображение. В последние годы велось усовершенствование трубок в следующих основных направлениях: повышение долговечности и экономичности трубки, улучшение ее светотехнических свойств и увеличение размера экрана.

В связи с увеличением размера экрана крайне важно уменьшить отношение длины трубки к ширине ее экрана. При выполнении этого условия глубина ящика телевизионного приемника значительно уменьшается.

Предпринимались различные попытки для уменьшения длины трубки. Они сводились к укорочению конусной части трубки за счет увеличения угла отклонения электронного пучка, укорочению горловины трубки за счет уменьшения длины отклоняющей системы и электронного прожектора, изготовлению трубок с изогнутой горловиной,

уменьшению глубины самого экрана за счет увеличения радиуса его кривизны.

В настоящее время в ряде лабораторий разрабатываются плоские вакуумные приемные трубки. В них в отличие от обычных отсутствует узкая горловина, в которой размещается электронный прожектор. В плоских трубках прожектор размещается рядом с экраном, и вся конструкция заключается в вакуумный баллон в форме прямоугольного параллелепипеда. Создание подобных приборов позволит значительно сократить объем телевизоров.

Развитие техники стимулирует создание приборов с еще меньшей длиной и более высокими эксплуатационными показателями. Действительно, успехи техники полупроводников открыли возможность создания телевизионных приемников, где все электронные лампы заменены полупроводниковыми приборами. Единственным электронным прибором в таких приемниках является кинескоп.

Использование явлений электролюминесценции, электрофотолюминесценции, фотопроводимости, а также применение нелинейных конденсаторов позволяют в принципе создать полупроводниковые телевизионные воспроизводящие приборы. Создание таких приборов позволило бы оправдать в полной мере применение в телевизорах полупроводниковых усилительных и выпрямительных приборов и малогабаритных деталей, что в совокупности могло бы привести к значительному уменьшению объема телевизионных приемных устройств различного назначения, упрощению технологии их изготовления, уменьшению себестоимости, повышению экономичности, увеличению срока службы. Рисунок на обложке воспроизводит возможную конструкцию телевизора будущего.

Наиболее очевидный путь создания телевизионного оконечного преобразователя с использованием явления электролюминесценции — это размещение электролюминофора между двумя взаимно-перпендикулярными системами параллельных электродов. Число горизонтальных электродов должно быть равно числу строк разложения, а число вертикальных — числу элементов изображения вдоль строки. Если приложить разность потенциалов к двум электродам, расположенным на разных сторонах электролюминофора, то будет наблюдаться свечение в точке перекрещивания этих электродов. Подключая в определенной последовательности другие электроды к источнику возбуждающего напряжения при помощи соответствующих распределите-

лей (рис. 18), можно воспроизвести по точкам все изображение. Такое безвакуумное устройство может в принципе заменить современную электронно-лучевую трубку, имея при очень большой площади малую толщину (не более 1—2 *см* по сравнению с 8—10 *см* толщины вакуумной плоской трубки).

Основные трудности практического внедрения электролюминесцентных преобразователей в телевидение связа-

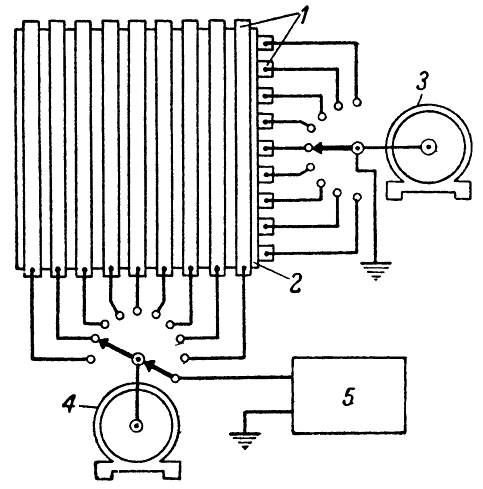


Рис. 18. Схема коммутации простейшего электролюминесцентного устройства для воспроизведения изображений.

1 — проводящие полосы; *2* — слой электролюминофора; *3* — вертикальный распределитель; *4* — горизонтальный распределитель *5* — источник управляющего напряжения.

ны с осуществлением телевизионной развертки. На практике механические коммутаторы (рис. 19) можно заменить электронными эквивалентами: линиями задержки, многоконтактными электронно-лучевыми переключателями, частотно-избирательными фильтрами, электронными счетными схемами. В ряде лабораторий ведется работа по созданию коммутирующих устройств, основанных на электронных приборах.

Скорость коммутации таких устройств ограничивается необходимостью отвести для каждого элемента время, достаточное для нескольких периодов возбуждающего переменного напряжения (при неимпульсном возбуждении).

Помимо этого, яркость системы, показанной на рис. 18, при сколько-нибудь значительном числе элементов будет слишком малой, несмотря на значительные яркости, которые способен обеспечить электролюминофор при непрерывном возбуждении. Для системы из N элементов каждый элемент будет возбуждаться в течение лишь $1/N$ общего времени и яркость снизится в N раз. Поэтому любая практическая система должна быть основана на эффекте на-

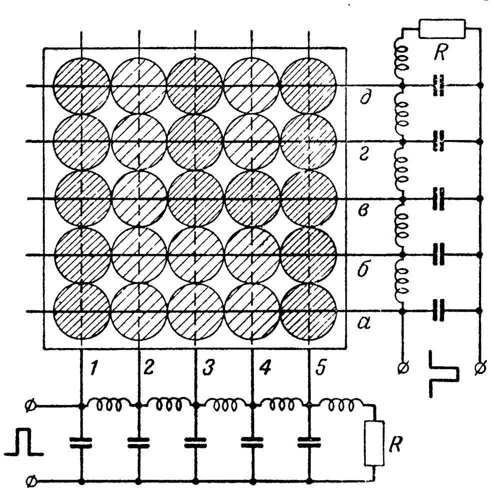


Рис. 19. Схема коммутации с линиями задержек.

копления или запоминания для увеличения времени возбуждения каждого элемента.

Принцип действия и конструкция коммутационного устройства зависят от способа возбуждения одного элемента при сохранении остальных элементов невозбужденными.

В приведенной на рис. 18 конструкции многоэлементного экрана необходимо создавать на выбранном элементе электрическое поле, по крайней мере вдвое большее, чем на любом другом.

С этой целью на две взаимно-перпендикулярные проводящие полосы подаются разнополярные импульсы, примерно равные по величине. Тогда на всех других элементах поле либо вообще отсутствует, либо вдвое меньше, чем на выбранном для возбуждения элементе, при условии, если на все полоски, не находящиеся под действием указанных импульсов, подан какой-либо постоянный потенциал. При таком способе возбуждения выбранного элемента необхо-

димо, чтобы электролюминофор имел достаточную яркость свечения при двойном поле и не светился практически при одинарном поле, т. е. требуются люминофоры с резко выраженным пороговым напряжением возбуждения электролюминесценции.

В реальных устройствах резко выраженного порогового напряжения не наблюдается: амплитудная характеристика описывается зависимостью $B=kU^n$, где $n=5—7,5$, как об этом уже говорилось. При такой зависимости яркости от напряжения световой поток при двойном поле примерно в 50—100 раз больше светового потока при одинарном поле. Это соотношение световых потоков не обеспечивает нормальной работы телевизионного экрана: в течение коммутации одного кадра телевизионного изображения на каждом элементе экрана будет создано один раз двойное поле и $2\sqrt{N}$ раз — одинарное (N — число элементов экрана, равное в советском телевидении примерно 500 000). Следовательно, чтобы исключить влияние паразитной засветки от одинарных импульсов (из-за емкостной связи), минимальное отношение световых потоков должно быть больше величины $2\sqrt{500\,000}=1\,500$.

Сказанное свидетельствует о необходимости исправления амплитудной характеристики электролюминесцентных конденсаторов. Решить эту задачу можно подбором соответствующих люминофоров или применением нелинейных сопротивлений. При последовательном включении слоя нелинейного сопротивления со слоем электролюминофора можно получить показатель степени n в уравнении $B=kU^n$ равным при импульсном возбуждении 18—25. Экспериментально с нелинейным сопротивлением из сернистого кадмия получено значение $n=11—13$, т. е. отношение световых потоков при двойном и одинарном полях составляет 2 000—4 000. Последовательно соединенные слои нелинейного сопротивления и электролюминофора в диэлектрике действуют таким образом, что при подаче одинарного импульса приложенное напряжение почти целиком падает на слое нелинейного сопротивления, тогда как при двойном поле вследствие резкого увеличения проводимости слоя сернистого кадмия основная часть приложенного напряжения падает на слое электролюминофора.

Последовательное возбуждение всех элементов экрана двойным полем, осуществляемое подачей на все возможные пары полосок разнополярных импульсов с определенными временны́ми соотношениями, предполагают подклю-

чение каждой полоски к коммутационному устройству, обеспечивающему подачу импульса на нее в требуемый момент времени. В приемном телевизионном экране, где число полосок должно быть порядка 1 500, применение электронных ламп в качестве элементарных коммутационных устройств практически нереально, а использование электронного переключателя сделает прибор вакуумным. Применение полупроводниковых приборов и печатных схем также не позволяет решить проблему.

В некоторых лабораториях разрабатываются коммутационные устройства с использованием линий задержки. Подключение двух таких линий задержки к различным системам полосок и подача на линии разнополярных импульсов позволяют прокоммутировать двойным полем все элементы экрана. Для этого между импульсами, подаваемыми на линии задержки, должны соблюдаться определенные временны́е соотношения. Принципиально можно полностью повторить порядок коммутации, принятый в современном телевидении. В этом случае линия задержки, имитирующая строчную развертку, должна пропускать импульс через все свои ячейки за 64 *мксек* (длительность строки). Импульс на каждой полоске будет при этом задерживаться на время коммутации одного элемента экрана. Линия задержки, имитирующая кадровую развертку, должна задерживать импульс на каждой полоске в течение строчного интервала и иметь общую временну́ю задержку порядка 25 *мсек*. Создать линию задержки в 25 *мсек* с полосой пропускания 6 *Мгц*, требуемой в телевидении, невозможно.

Применение линии задержки на 25 *мсек* исключено иным порядком коммутации элементов экрана. На рис. 19 показана схема коммутации, состоящая из двух одинаковых линий задержек (по 64 *мксек* каждая), подключенных к разным системам проводящих полосок. Поочередная коммутация всех элементов экрана в таком случае получается за счет подачи на вход линий задержек разнополярных импульсов с нарастающим временны́м сдвигом.

Из рис. 19 видно, что одновременная подача на входы линий задержек позволяет прокоммутировать большую диагональ экрана (элементы *1-а, 2-б, 3-в* и т. д.). Подача на входы линий импульсов с временны́м сдвигом, равным времени коммутации одного элемента, приведет к коммутации соседней диагонали экрана (элементы *2-а, 3-б* и т. д.). Процесс коммутации элементов экрана будет происходить до тех пор, пока нарастающий временной сдвиг

между импульсами не станет равным периоду повторения (64 *мксек*). Тогда импульсы, подаваемые на линии, снова совпадут и начнется повторный процесс коммутации элементов экрана. Все элементы будут прокоммутированы за время кадра однократно.

Подобный порядок коммутации элементов может быть осуществлен и в передающей телевизионной трубке. Для этого необходимо кадровую развертку заменить строчной и запускать два одинаковых строчных генератора импульсами с нарастающим временны́м сдвигом. Кроме того, для полного соответствия разверток передающего и приемного устройств необходимо ввести в схему коммутации приемного экрана дополнительные временны́е задержки, которые должны прекращать коммутацию элементов на время обратных ходов генераторов развертки передающей трубки. Если осуществить указанные выше условия и сделать амплитуду импульсов, коммутирующих приемный экран, зависимой от величины телевизионного сигнала, то на электролюминесцентном экране будет воспроизведено передаваемое изображение.

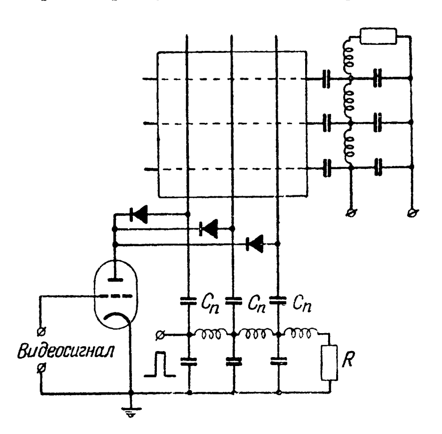


Рис. 20. Схема управления величиной возбуждающих импульсов.

Управление величиной коммутирующих импульсов может осуществляться с помощью схемы, показанной на рис. 20. В этой схеме коммутирующий импульс подается на полоску через переходной конденсатор $C_п$. В зависимости от величины тока лампы коммутирующий импульс успевает зарядить конденсатор $C_п$ за время своего действия до различной величины. Если скорость зарядки велика, то переходной конденсатор может оказаться заряженным до амплитуды коммутирующего импульса и соответственно напряжение на полоске экрана окажется близким к нулю. С уменьшением тока лампы падение напряжения на переходном конденсаторе будет уменьшаться, а импульсное напряжение на полоске — возрастать.

Управление током лампы должно производиться видео-

сигналом отрицательной полярности. При достаточно малой емкости переходного конденсатора и полоски (по сравнению с емкостью конденсаторов линии задержки) изменение амплитуды коммутирующего импульса не будет вызывать значительных изменений параметров линий задержки.

Аналогичный принцип может быть использован для уменьшения числа ячеек в линиях задержки за счет многократного их использования. В этом случае каждая ячейка подключается к нескольким полоскам. Коммутирующий импульс подается только на одну из полосок, так как остальные шунтируются отпертыми лампами. Переключая шунтирующие лампы после каждого прохождения импульса по ячейке линии, можно прокоммутировать весь растр при значительно меньшем (в 5—10 раз) числе ячеек линии задержки. Временна́я задержка, создаваемая линией, может быть снижена до 6—9 *мксек* при незначительном усложнении ламповой схемы.

Образец простейшего преобразователя демонстрировался одной из зарубежных фирм. Он представлял собой стеклянную пластину размерами 5×5 *см,* на которой нанесены 32 горизонтальные полоски из проводящего материала шириной около 1,2 и с интервалом между ними 0,4 *мм.* Поверх горизонтальных проводящих полосок нанесен слой электролюминесцентного материала, на внешней поверхности которого в свою очередь расположены 32 полоски из проводящего материала. Этот экран, таким образом, позволяет воспроизводить 1 024 элемента изображения. Такое простейшее устройство обладает одним существенным недостатком, заключающимся в том, что при возбуждении одного узла панели неизбежно в некоторой степени возбуждение и соседних узлов. Последнее обстоятельство приводит к снижению контрастности воспроизводимых изображений.

Та же фирма демонстрировала более совершенный прибор, представляющий собой сочетание электролюминесцентного преобразователя электрических сигналов в световые и электролюминесцентного фотопроводникового усилителя яркости. Усилитель яркости этого прибора состоит из стеклянной пластины, на поверхности которой образован проводящий прозрачный слой (рис. 21). Проводящий слой покрыт слоем электролюминофора, поверх которого укреплены стеклянные призмочки с поперечным сечением 0,8×0,8 *мм*^{2} и высотой 1,5 *мм.* Призмочки имеют

форму вертикальных столбиков, соприкасающихся торцовой стороной со стеклянной пластиной; они размещены параллельно краям пластины рядами, проходящими на небольшом расстоянии друг от друга. С верхней и нижней сторон каждой призмочки имеется проводящее покрытие, тогда как их боковые стороны покрыты слоем фотопроводящего материала. Пространство между призмочками заполнено черным стеклом, поверх которого нанесен проводящий слой, соединяющий между собой электрически верхние торцовые поверхности призмочек. Источником начального возбуждения служит электролюминесцентный слой, помещенный между управляющими электродами.

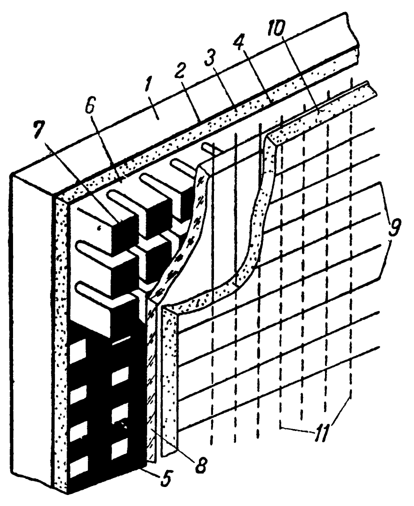


Рис. 21. Электролюминесцентное воспроизводящее устройство.

1 и *8* — стеклянные пластины; *2*, *4* и *7* — проводящий прозрачный слой; *3* и *10* — слой электролюминофора; *5* — непрозрачная решетка; *6* — призма из фотопроводника; *9* и *11* — система управляющих электродов.

При подаче переменного напряжения к двум внешним проводящим слоям *2* и *7* и направлении пучка света на верхнюю торцовую поверхность призмочки последняя рассеивает свет, который попадает затем на фотопроводник, покрывающий боковую поверхность призмочки. Фотопроводник становится проводящим, что обеспечивает подачу возбуждающего напряжения к проводящему слою *4*, проходящему с нижней стороны призмочек, и вызывает свечение электролюминофора *2*, слой которого служит экраном. При надлежащем выборе величины и частоты напряжения свечение небольшого участка экрана может поддерживать проводимость фотопроводника на определенном уровне, увеличивая за счет такой обратной связи яркость и длительность свечения соответствующего участка экрана. Наличие покрытия из черного стекла, нанесенного поверх фотопроводящего слоя, предотвращает возбуждение соседних призмочек, а следовательно, и свечение соседних участков экрана.

Возможно создание аналогичных цветных экранов с чередующимися горизонтальными полосками из электролюминофоров с различным цветом свечения.

Общим недостатком описанных выше экспериментальных электролюминесцентных устройств с фотопроводниковыми слоями является значительная инерционность фотопроводников; она приводит к инерционности экрана в целом и не позволяет воспроизводить изображения быстро перемещающихся объектов. Кроме того, в таких приборах трудно получить большое количество полутонов воспроизводимого изображения, ибо при использовании обратной оптической связи с целью создания эффекта накопления устройство находится в двустабильном или — в лучшем случае — многостабильном состоянии.

Управление величиной возбуждающего напряжения, прикладываемого к электролюминесцентному элементу, может быть осуществлено при помощи элементов с сегнетоэлектрическими свойствами. Как известно, диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектриков зависит от напряженности электрического поля. Эти свойства используются для практических целей, в том числе при создании электрических конденсаторов, емкость которых изменяется в функции от приложенного напряжения. Использование таких элементов в сочетании с электролюминесцентными для телевизионных экранов может обеспечить эффект накопления, необходимый для получения достаточной яркости, и в то же время система в целом получается менее инерционной, чем в случае использования фотопроводниковых слоев.

Известны экспериментальные устройства, где в качестве управляющих электродов используются элементы из сегнетоэлектрика, обладающие свойством менять емкость при изменении величины приложенного напряжения. Возбуждающее электролюминесценцию напряжение прикладывается к последовательно включенным электролюминофору и материалу, обладающему сегнетоэлектрическими свойствами. Ячейка такого экрана может рассматриваться как последовательное соединение электролюминесцентного и сегнетоэлектрического конденсаторов.

На рис. 22 схематически показан принцип построения такого экрана, состоящего из множества ячеек. Эквивалентная схема ячейки экрана приведена на рис. 23,*а*. Как видно из этой схемы, доля напряжения, возбуждающего электролюминесценцию, зависит от емкости сегнетоэлек-

трического конденсатора. Емкость же последнего управляется видеосигналом.

В качестве электролюминесцентного элемента использовался порошкообразный электролюминофор в диэлектрике, помещенный между проводящими электродами, а в качестве сегнетоэлектрического элемента — керамическая панель из бариево-стронциевого титаната. Характер зависимости емкости сегнетоэлектрического элемента от приложенного напряжения показан на рис. 24. Из этого рисунка видно, что увеличение видеосигнала при соответствующей полярности приводит к увеличению емкости сегнетоэлектрического конденсатора, а следовательно, и к перераспределению напряжений на электролюминофоре и сегнетоэлектрике.

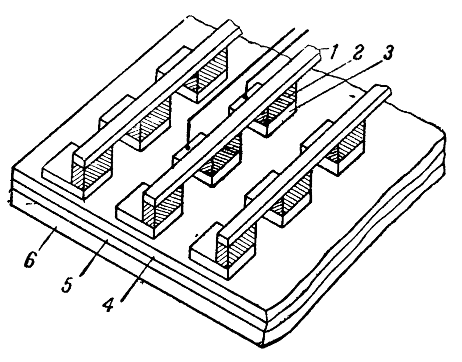


Рис. 22. Устройство простейшего электролюминесцентного экрана с сегнетоэлектрическими управляющими элементами.

1 — металлический электрод; 2 — сегнетоэлектрик; 3 — металлический электрод; 4 — слой электролюминофора 5 — прозрачное проводящее покрытие, 6 — стеклянная пластина.

Зависимость интенсивности электролюминесценции от величины переменного возбуждающего напряжения для описываемого устройства показана на рис. 25. При изменении эффективного значения переменного напряжения от 150 до 50 *в* яркость свечения изменяется от 810 до 21 *нит*, т. е. отношение максимальной яркости к минимальной составляет 40. Как видно из кривой на рис. 26, может быть установлен любой уровень яркости, промежуточный между крайними значениями, что свидетельствует о возможности хорошего воспроизведения промежуточных яркостей изображений, т. е. можно получить большое количество полутонов в воспроизводимых изображениях.

Если отключить источник управляющего напряжения от сегнетоэлектрического элемента, то сохранившийся на конденсаторе заряд в силу большого диэлектрического сопротивления сегнетоэлектрика обусловит сохранение установленного ранее значения емкости, а следовательно,

и сохранение электролюминесценции соответствующим элементом. Последнее обстоятельство обусловливает непрерывное возбуждение электролюминофора, что эквивалентно приданию экрану свойств накопления.

На рис. 23,*б* показана эквивалентная схема трехкомпонентной ячейки экрана, где сегнетоэлектрические кон-

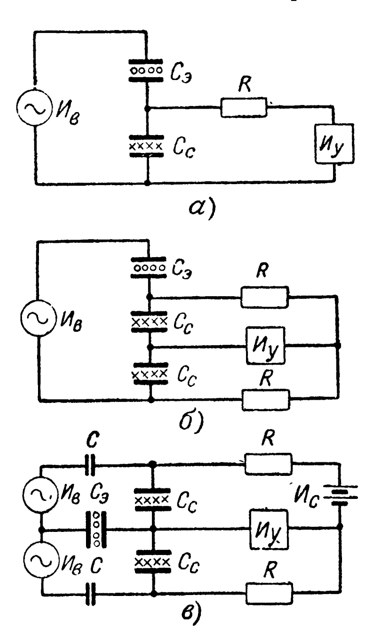


Рис. 23. Эквивалентные схемы элементов электролюминесцентных экранов.

а — двухкомпонентный элемент; *б* — трехкомпонентный элемент; *в* — элемент включаемый по мостовой схеме; $И_в$ — источник возбуждающего напряжения; $И_у$ — источник управляющего сигнала, $И_с$—источник смещения; $C_э$ — электролюминесцентный конденсатор; $C_с$ — сегнетоэлектрический конденсатор.

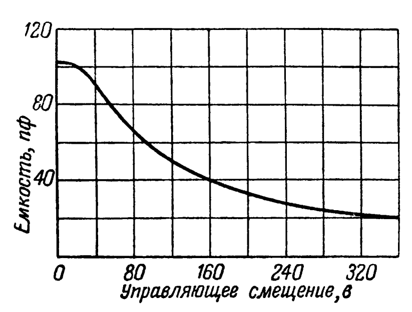


Рис. 24. Зависимость емкости сегнетоэлектрического элемента от величины напряжения видеосигнала.

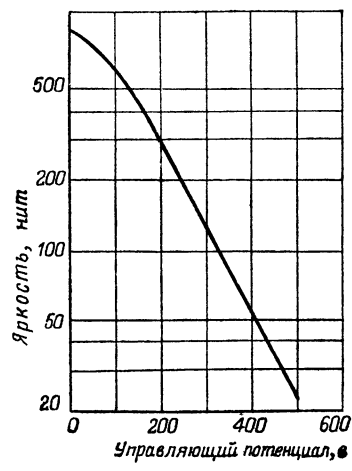


Рис. 25. Зависимость яркости свечения двухкомпонентного элемента экрана с сегнетоэлектриком от величины напряжения видеосигнала.

денсаторы оказывают большое сопротивление постоянному току, нежели в двухкомпонентной ячейке, что позволяет применять большие переменные напряжения для возбуждения электролюминесцентной ячейки. Модель

экрана такой конструкции имела следующие показатели: отношение яркостей, соответствующих полностью включенному и полностью выключенному элементам, составляло $^{100}/_1$, контрастность между соседними светлой и темной поверхностями — выше $^{50}/_1$; время сохранения заряда сегнетоэлектрическим элементом достигало нескольких минут. Такими же примерно свойствами обладает элемент, собранный по мостовой схеме. Эквивалентная схема последней ячейки приведена на рис. 23,*в*.

Конкретная конструкция экрана будет зависеть не только от формы его элементов, но и от деталей системы распределения управляющих сигналов — системы развертки.

При разработке конструкции многоэлементного экрана одним из основных требований является обеспечение возможности изготовления экранов с помощью несложной и в то же время надежной технологии. Многоэлементная электролюминесцентная панель, например, может быть создана методом использования техники напыления через специальные маски, а система сегнетоэлектрических элементов — путем разрезания трехслойного пакета металл — сегнетоэлектрик — металл специальными делительными машинами. Пример конструкции панели, созданной с применением указанной технологии, показан на рис. 26. Ячейкам такого экрана соответствует эквивалентная схема на рис. 24,*а*. Минимальные размеры отдельных воспроизводящих элементов, полученные в лабораторных условиях, составляют 2,5×2,5 *мм*.

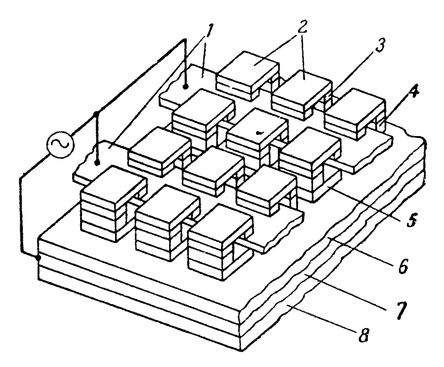


Рис. 26. Устройство электролюминесцентного экрана с сегнетоэлектрическими управляющими элементами, создаваемыми при помощи делительной машины.

1 и *2* — проводящий электрод; *3* — слой сегнетоэлектрика; *4* — металлический электрод; *5* — проводящий слой; *6* — слой электролюминофора; *7* — проводящий прозрачный слой; *8* — стеклянная пластина.

Твердые воспроизводящие устройства, представляющие собой сочетание электролюминесцентных элементов с сегнетоэлектрическими ячейками, позволяют одновременно решить проблему эффективного управления интенсивно-

стью люминесценции и проблему накопления, обеспечив тем самым достаточную яркость свечения элементов экрана. Разработчики подобных устройств полагают, что возможно создание экранов с большой поверхностью, высокой разрешающей способностью и толщиной не более 2,5 *см*. Основные трудности практического внедрения в телевидение электролюминесцентных экранов последнего типа, как и ранее рассмотренных, связаны с осуществлением развертки, т. е. подведения к отдельным воспро-

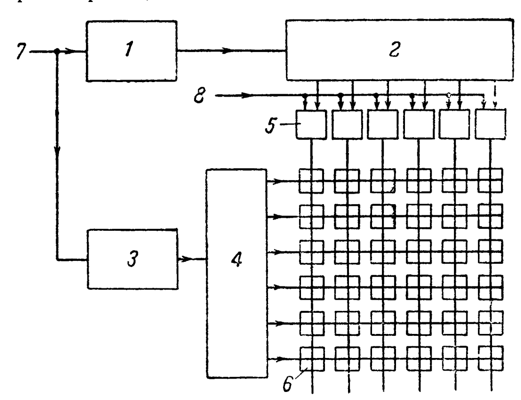


Рис. 27. Блок-схема системы распределения управляющих сигналов.

1 — источник отпирающих горизонтальных импульсов; *2* — распределитель горизонтальных отпирающих импульсов; *3* — источник вертнкальных отпирающих импульсов; *4* — распределитель вертикальных отпирающих импульсов; *5* — электрические ключи, отпираемые горизонтальными импульсами, и промежуточные накопительные ячейки; *6* — элемент ключа; *7* — синхронизирующие импульсы; *8* — видеосигнал.

изводящим элементам управляющих сигналов в определенной последовательности.

В отношении электролюминесцентно-сегнетоэлектрических экранов можно говорить о следующих методах развертки. Самым привычным и легко осуществимым является метод использования электронного пучка для создания потенциального рельефа на панели сегнетоэлектрических конденсаторов. Однако при этом теряется одно из самых больших достоинств электролюминесцентных экранов — малая глубина прибора.

Возможно применение такого метода развертки, при котором создание управляющих зарядов происходит без непосредственного использования электронного пучка.

Принцип действия одного из вариантов подобного устройства поясняется на рис. 27. Здесь видеосигнал одной развертываемой строки сначала подводится к системе промежуточных накопительных ячеек. На каждый элемент строки изображения приходится одна накопительная ячейка. Подводимый видеосигнал прикладывается ко всем ключам, связанным с накопительными ячейками, одновременно. Каждая ячейка связана с распределителем коммутирующих импульсов. Источник X-импульсов создает один импульс через каждый строчной интервал; генератор этих импульсов синхронизируется строчными синхронизирующими импульсами, являющимися составной частью видеосигнала. Сам распределитель импульсов может быть выполнен в виде линии задержки. От распределителя импульсов напряжения подводятся к каждой накопительной ячейке поочередно.

Видеосигнал может быть подан на вход накопительной ячейки лишь в том случае, когда к ячейке подводится импульс с распределителя. Для этой цели и предусматривается установка электрических ключей, например в виде диодов. Каждый диод, отпираясь под действием X-импульсов напряжения, подводит к ячейке видеосигнал, соответствующий определенному элементу строки.

Аналогичный распределитель подводит Y-импульсы напряжения к различным строкам растра. Этот распределитель подает импульсы напряжения ко всем элементам одной строки одновременно. Такая система развертки была исследована экспериментально; она может быть использована в реальных электролюминесцентных приборах.

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЭКРАНЫ УСТАНОВОК МАССОВОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Основной проблемой театрального телевидения, как известно, является возможность обеспечения достаточной яркости экрана с большой рассеивающей поверхностью.

Развитие техники большого экрана ведется в двух направлениях: а) путем оптического увеличения изображений, получаемых на экранах приемных трубок, и б) путем модуляции света, когда принятые видеосигналы управляют величиной светового потока мощного независимого источника света.

Простейшим способом осуществления оптического увеличения является проекция изображения с экрана электронно-лучевой трубки с помощью обычного объектива на

большой отражающий или просветный экран. Яркость трубок ограничена некоторой предельной величиной, следовательно увеличение размеров экрана ведет к соответствующему уменьшению его освещенности. Для целей проекции разработаны специальные трубки, работающие при повышенных анодных напряжениях (25—80 *кв*) и токах пучка (до 0,5 *ма*). Яркость экранов таких трубок значительно выше, чем трубок непосредственного наблюдения, но она все же недостаточна для того, чтобы с помощью обычного проекционного объектива создать достаточно яркие изображения на экранах с площадью порядка нескольких квадратных метров. Поэтому в проекционных установках применяют специальные светосильные оптические системы.

При модуляции света используется независимый источник, например мощная электрическая дуга. На пути световых лучей источника к экрану устанавливается устройство, прозрачность или коэффициент отражения которого все время меняются. Было предложено несколько светоклапанных систем, из которых наиболее совершенной является система «Эйдофор», где модулятором света служит поверхность масляной пленки, деформирующаяся под воздействием электронного пучка. Эта система представляет собой довольно громоздкое и сложное в эксплуатации сооружение, но благодаря большой обеспечиваемой ею яркости она находит применение как в монохромном, так и в цветном телевидении.

С целью увеличения яркости изображения в проекционных установках совершенствуют и отражающие экраны, делая их направленными, т. е. концентрирующими свет в узком телесном угле.

Использование явления электролюминесценции, видимо, позволит в будущем более рационально решить проблему телевизионных установок массового наблюдения. Внедрение электролюминесцентных приборов в технику театрального телевидения, как нам представляется, может идти по следующим направлениям:

1. Разработка электролюминесцентных экранов, обладающих свойством усиления яркости изображения.

В этом случае проецирование телевизионного изображения будет производиться на экран, который обладает не только направленными свойствами, но и способностью усиливать яркость изображения. При этом возможно создание отражающих экранов, воспроизводящих изображе-

ние с той же стороны, с которой производится проекция, и просветных экранов, на которые проекция осуществляется с обратной от зрителей стороны.

При создании отражающих усилительных экранов целесообразно использование фотоэлектролюминесцентных усилителей света. В просветных усилительных экранах перспективно применение электролюминесцентных усилителей яркости с фотопроводниковыми и ферроэлектрическими ячейками.

Что же даст применение таких экранов?

Применительно к проекционному телевидению это означает: а) возможность применения более простой проекционной оптики; б) возможность применения проекционных трубок с меньшими ускоряюшими напряжениями и меньшими токами пучка, а следовательно, и с бо́льшим сроком службы; в) возможность создания экранов больших размеров, рассчитанных на обслуживание больших аудиторий.

Эти же экраны могут быть использованы для целей кинопроекции, что позволит значительно уменьшить мощность источников света кинопроекторов. Вполне вероятно, что в случае успешного решения вопросов, связанных с созданием электролюминесцентных усилительных экранов, можно будет отказаться от применения дуговых ламп в стационарных кинопроекторах, что приведет в свою очередь к упрощению эксплуатации последних, увеличению срока их службы, большей сохранности кинопленки и проекционных объективов. Применение электролюминесцентных экранов в передвижных кинопроекционных установках позволит значительно увеличить яркость воспроизводимых изображений при сохранении прежней мощности источников света, а также значительно увеличить размеры экранов.

В обоих упомянутых выше случаях световые потоки элементов проецируемых изображений по существу будут играть роль управляющих (модулирующих) сигналов.

2. Разработка телевизионных установок массового наблюдения без проекционных устройств.

Решение проблемы развертки телевизионного изображения при одновременном получении удовлетворительных световых и временны́х характеристик электролюминесцентных приборов позволит вовсе исключить из оборудования телевизионных театров проекционные устройства. В этом случае яркость свечения элементов экрана будет управ-

ляться непосредственно электрическими сигналами телевизионного приемника. При этом будет возможно также использование сигналов одного приемного устройства для управления воспроизведением изображений на нескольких экранах одновременно. Сами размеры экранов будут ограничиваться лишь возможностями размещения, а также эстетическими и экономическими соображениями.

3. Разработка больших телевизионных экранов для воспроизведения цветных и объемных изображений.

Можно представить себе устройство для воспроизведения цветных телевизионных изображений, содержащее три типа электролюминесцентных элементов, распределенных должным образом и освещаемых проекционными электронно-лучевыми трубками, дающими монохромные изображения.

Для создания таких экранов нет необходимости ждать решения проблемы коммутации, которое позволило бы создать системы театрального цветного телевидения без проекционных устройств.

Заманчиво использование частотной зависимости спектра излучения электролюминофоров при создании цветных телевизионных воспроизводящих устройств.

Отсутствие проекционной оптики и своеобразная конструкция электролюминесцентных экранов позволят несложными техническими средствами воспроизводить объемные телевизионные изображения на больших экранах.

ДРУГИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

Используя сочетание ряда электролюминесцентных панелей определенных размеров и очертаний и производя надлежащие переключения электродов, можно создавать различные изображения в производственных, рекламных, развлекательных и других целях. Более того, путем соответствующей коммутации возможно в принципе воспроизведение движущихся изображений.

Использование сочетания электролюминофора с фотопроводником позволяет создать ряд приборов, обладающих ценными свойствами. Оба эти материала обладают взаимно обратными свойствами: один из них превращает электрические входные сигналы в световые, а другой преобразует изменения светового потока в изменения величины электрического сигнала.

Пристального внимания заслуживает рассмотрение возможности использования электролюминесценции, фото-

проводимости веществ и других явлений в твердых телах для создания безвакуумных телевизионных передающих трубок. При этом в случае разработки удовлетворительных коммутирующих устройств будут созданы условия для значительного уменьшения габаритов, потребляемой энергии и увеличения срока службы телевизионных передающих камер. Создание твердых (невакуумных) передающих телевизионных приборов особено важно для применения их в прикладных телевизионных установках для промышленности, научных исследований, системы образования, медицины.

Панель, представляющая собой сочетание фотопроводникового элемента в качестве выходного устройства с электролюминесцентным элементом в качестве входного, представляет собой бесконтактное реле с полной электрической развязкой входа и выхода. Такое устройство не имеет недостатков механических реле; здесь отсутствует также связь между входом и выходом, свойственная реле на электронных, ионных и полупроводниковых приборах.

Производя сочетание фотопроводника с несколькими электролюминесцентными элементами или, наоборот, сочетая электролюминесцентную панель с несколькими фотопроводниковыми ячейками, можно создать малогабаритное «многоконтактное» реле, обладающее большим сроком службы и малыми габаритами, весом и потребляемой энергией. Здесь имеется возможность одновременной подачи и съема сигналов с очень большого числа элементов.

При обратной световой связи, превышающей некоторый порог (при коэффициенте оптической обратной связи, большем единицы), усилительный элемент, будучи однажды возбужден входным сигналом, останется в возбужденном состоянии неопределенно долгое время; при этом выходное излучение продолжает возрастать уже без всякого внешнего влияния, пока не будет достигнута область насыщения излучения.

На рис. 28 показана вольт-амперная характеристика такого двустабильного устройства, соответствующая постоянной освещенности около 3 *лк*. Если эффективное значение напряжения меньше 270 *в*, то наблюдается слабое люминесцентное излучение; устройство в целом имеет высокое сопротивление и находится в стабильном состоянии. При увеличении напряжения до значения, превышающего 380 *в*, устройство переходит в другое стабильное состояние,

характеризующееся отрезком кривой BC. В этом состоянии устройство излучает свет.

Область перехода (ограниченная отрезками AB, CB, CD, DA) определяется выбранной величиной освещения. Если эффективное значение напряжения и освещенность остаются неизменными, то устройство стабилизируется либо на кривой CB, либо на кривой DA.

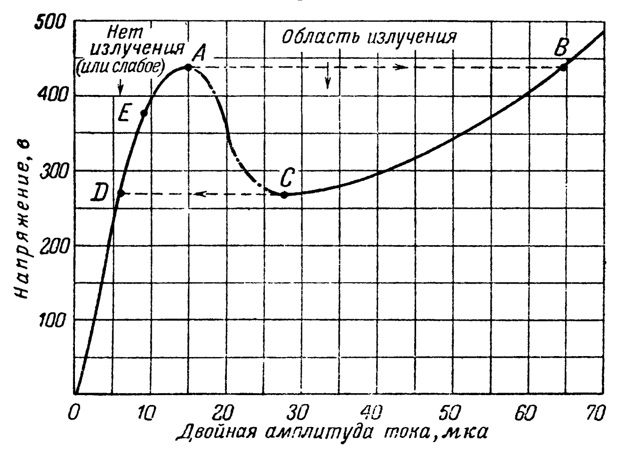


Рис. 28. Динамическая вольт-амперная характеристика двустабильного устройства при постоянной подсветке и поджиге от напряжения.

Когда устройство находится в светящемся состоянии и возбуждающее напряжение снижается ниже 270 *в*, происходит переход устройства в обратное стабильное малоизлучающее состояние. Зажженный элемент можно вернуть в темное состояние импульсом инфракрасного излучения определенной длительности и интенсивности.

Имеющиеся устройства подобного типа могут быть использованы в индикаторных устройствах, в которых требуется длительное хранение визуальной информации.

Своеобразная вольт-амперная характеристика двустабильных элементов и их способность накапливать световые импульсы дают возможность создавать схемы, состоящие из отдельных и комбинированных оптических и электрических ветвей, которые можно использовать для выполнения различных логических операций. Возможно создание вычислительных машин, состоящих из одних только электролюминесцентных и фотопроводниковых элементов.

Цена 1 р. 15 к.